

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri di Indonesia khususnya industri kimia terus mengalami peningkatan. Salah satu bahan kimia yang banyak digunakan adalah etilen oksida. Bahan kimia ini juga dikenal sebagai oxirane yang dimanfaatkan sebagai disinfektan atau *sterilizing agent*, untuk mensterilkan peralatan operasi, mematikan kuman atau mikroorganisme pada bahan makanan.

Proyeksi kebutuhan etilen oksida di dalam negeri masih belum mampu tercukupi dengan baik, sehingga kebutuhan etilen oksida di dalam negeri masih bergantung pada impor. Kebutuhan etilen oksida mencapai volume terbesar pada tahun 2013, yaitu 1.065.506 ton. Maka diperkirakan kebutuhan etilen oksida untuk tahun-tahun mendatang akan terus meningkat. Sehingga perlu didirikannya pabrik etilen oksida di Indonesia.

Pendirian pabrik tersebut didasarkan untuk menurunkan ketergantungan impor, sehingga terciptanya lapangan pekerjaan dan meningkatkan sumber daya manusia melalui proses ahli teknologi.

1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik

Kapasitas produksi suatu pabrik akan mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam perancangan pabrik. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas produksi antara lain :

1.2.1 Proyeksi kebutuhan pasar etilen oksida

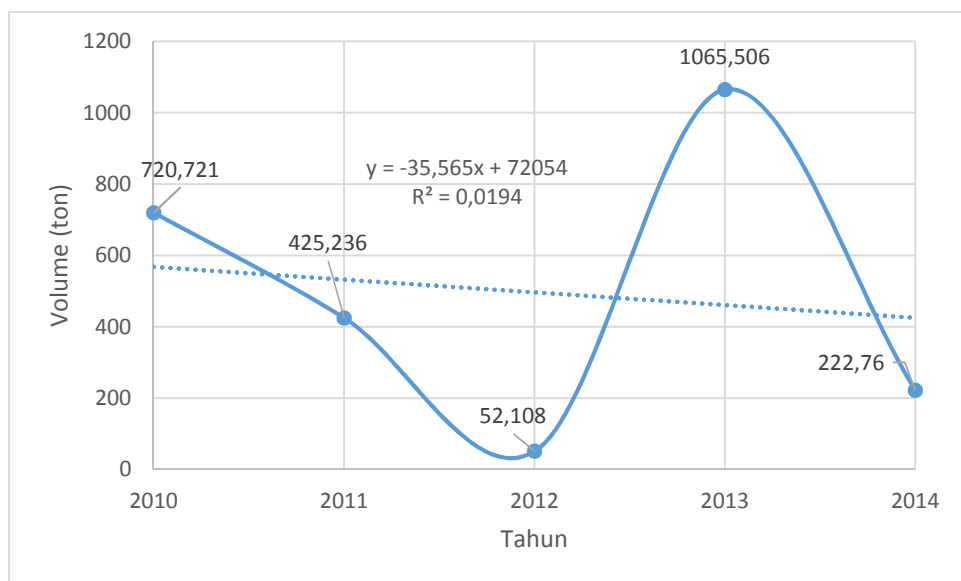
Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik, proyeksi kebutuhan etilen oksida diperkirakan akan semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 1.1 berikut :



Tabel 1.1 Data impor etilen oksida di Indonesia

Tahun	Volume (m ³)
2010	720.721
2011	425.236
2012	52.108
2013	1.065.506
2014	222.76

Berdasarkan data di atas di buat persamaan dengan pendekatan linier, dengan X sebagai fungsi tahun (tahun 2010 sebagai tahun pertama dan seterusnya) dan Y sebagai fungsi volume.



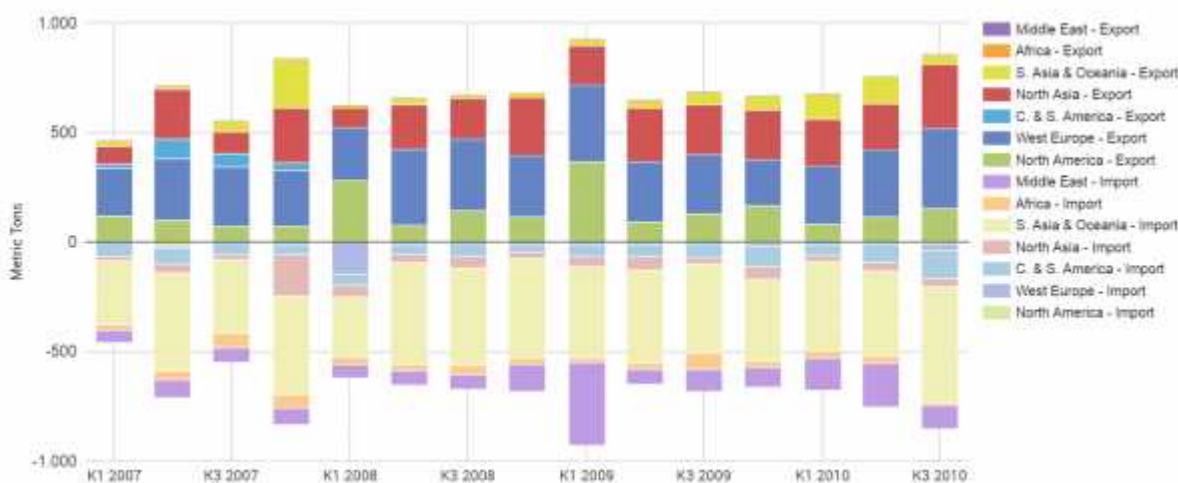
Gambar 1.1 Grafik kebutuhan Etilen oksida di Indonesia

Dari pendekatan linier seperti pada Gambar 1.1 didapatkan persamaan $y = -35.565x + 72054$, sehingga dapat diperkirakan kebutuhan etilen oksida pada tahun 2020 sebesar 212.7 ton.



Prarancangan Pabrik Etilen Oksida Dari Etilen Dan Oksigen Kapasitas 150.000 Ton Per Tahun

Selain di Indonesia, etilen oksida banyak dibutuhkan negara-negara di dunia. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1.2 yang menunjukkan peningkatan impor etilen oksida setiap tahun.



Gambar 1.2 Jumlah kebutuhan Etilen Oksida di dunia

Sumber : www.intratech.us/chemical-markets/ethylene-oxide-market

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku untuk membuat etilen adalah etilen dan oksigen diperoleh dengan kerja sama PT. Chandra Asri Petrochemical yang memiliki kapasitas produksi etilen sebanyak 860.000 ton per tahun. Sebagai cadangan *supply* dapat dilakukan kerjasama dengan *Petrochemical Corporation of Singapore, Pte. Ltd.* yang mempunyai kapasitas produksi etilen sebanyak 1.010.000 ton/tahun. Sedangkan bahan baku oksigen diperoleh PT. Air Liquid Indonesia yang memiliki kapasitas 220 ton/hari O₂.

1.2.3 Kapasitas Pabrik Yang Menguntungkan

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan di atas maka pabrik ini akan didirikan pada tahun 2020 dengan kapasitas sebesar 100.000-150.000 ton/tahun. Sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi etilen oksida impor.



Tabel 1.2 Kapasitas Pabrik yang Sudah Beroperasi

Company	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Albert & Orient Glycol	Prentiss, Alberta, Canada	275.000
BASF	Geismar, Louisiana, US	220.000
Dow Chemical	Prentiss, Alberta, Canda	250.000
	Fort Saskatchewan, Alberta, Canada	285.000
	Plaquemine, Texas, US	275.000
	Taft, Lousiana, US	430.000
Easman Chemical	Longview, Texas, US	105.000
Formosa Plastics	Point Comfort, Texas, US	250.000
Huntsman	Port Neches, Texas, US	460.000
LyondellBasell	Bayport, Texas, US	360.000
Old World Industries	Clear Lake, Texas, US	355.000
Shell Chemical	Geismar, Louisana, US	420.000
	Fort Saskatchewan, Alberta, Canada	320.000
Total		4.775.000
Sumber : ICIS Plants and Projects Database		

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik Etilen Oksida

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting untuk proses pendirian sebuah industri. Sehingga ada beberapa pertimbangan yang dijadikan dasar pemilihan lokasi pabrik yaitu bahan penunjang, transportasi, jarak letak pabrik dengan pasar, tenaga kerja, dan utilitas.

Pemilihan lokasi ini berdasarkan atas pertimbangan sebagai berikut :

1.3.1 Penyediaan bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama proses produksi suatu pabrik. Bahan baku etilen dapat diperoleh dari PT Chandra Asri Petrochemical yang terletak di kawasan industri Cilegon.



Sehingga di harapkan penyediaan dan kemudahan bahan baku untuk proses produksi dapat terpenuhi.

1.3.2 Transportasi

Fasilitas transportasi berada dalam kawasan industri yang strategis untuk memudahkan transportasi laut maupun darat, baik untuk pengiriman antar pulau maupun ekspor.

1.3.3 Jarak Pabrik dengan pasar

Pabrik etilen oksida ditunjukan untuk memenuhi kebutuhan industri lain yang memerlukan bahan baku etilen oksida seperti PT Polychem Indonesia Tbk. di daerah Merak yang lokasinya tidak jauh dari lokasi pabrik.

1.3.4 Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja di daerah Cilegon memiliki banyak calon tenaga kerja yang berkualitas dan memiliki kuantitas yang cukup baik. Selain itu, penyediaan tenaga ahli akan lebih mudah karena berdekatan dengan ibukota negara.

1.3.5 Utilitas

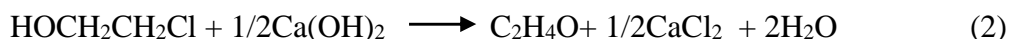
Kebutuhan sarana penunjang dapat diperoleh dengan adanya transmisi dari PLN dan cadangan generator yang dimiliki pabrik, sedangkan untuk kebutuhan air dapat diperoleh dari air sungai.

1.4 Tinjauan Pustaka

Pada awalnya, etilen oksida dibuat dari etilen klorohidrin melalui proses yang terdiri dari dua langkah, yaitu konversi etilen yang bereaksi dengan asam hipoklorit menjadi etilen klorohidrin kemudian dehidroklorinasi untuk menghilangkan HCl dari etilen klorohidrin. Proses pembuatan etilen oksida ini pertama kali disintesis oleh Wurtz pada tahun 1859 dan kemudian dikenal dengan proses klorohidrin. Selektivitas proses cukup memuaskan yaitu sebesar 80%, namun biaya operasional cukup besar. Hampir semua klorin yang digunakan hilang sebagai produk samping berupa kalsium klorida yang tidak diinginkan. Hal ini menyebabkan proses menjadi tidak efisien dan menyebabkan masalah polusi (Burdick dan Leffler, 2001; Rebsdatt dan Mayer, 2005). Pada tahun 1931, Lefort mengembangkan proses oksidasi langsung *Direct Oxidation* dengan katalis perak untuk menggeser klorohidrin tanpa menghasilkan produk samping. Dalam proses ini, pembentukan etilen oksida dari etilen dan oksigen dengan katalis perak oksida (Ag_2O_2). Perak



oksida (Ag_2O_2) merupakan satu satunya substansi yang memiliki aktivitas dan selektivitas yang tepat dalam mengkatalis reaksi etilen. reaksinya adalah :



Reaksi pertama berlangsung dalam *reactor packed tower* (dengan material yang tahan korosi) pada tekanan 2-3 atm dan suhu 27-43°C dengan yield teoritis antara 85-90 %, pada reaktor pertama ini perlu pengendalian yang cermat untuk menekan terbentuknya produk reaksi samping, yaitu etilen diklorida dan dikloro dietil eter. Oleh karena itu, konsentrasi klorohidrin pada reaksi klorohidrasi dijaga dengan konsentrasi 7% berat.

Tahap kedua dan proses dehidroklorinasi, dilakukan dengan menambahkan 10% berat *Slurry* $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pada larutan klorohidrin yang keluar. Dasar reaktor pertama campuran tersebut kemudian dipanaskan pada *hydrolyzer*, sebuah *vessel* berbentuk silinder yang dilengkapi dengan kondensor parsial, beroperasi pada tekanan atmosferis. Reaksi klorohidrin dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menghasilkan etilen oksida dengan sedikit produk samping dan juga air. Yield yang dihasilkan pada kondisi optimal, secara teoritis adalah 95%. Basa NaOH juga dapat digunakan untuk menggantikan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, namun akan menentukan perlakuan yang lebih pada saat pencampuran dan pengontrolan jumlah basa yang ditambahkan (Mc Ketta,1984).

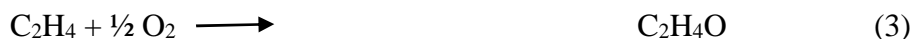
a) Proses Oksidasi Langsung

Proses oksidasi katalitik etilen menjadi etilen oksida didasarkan pada penemuan Lefort yang telah diterapkan untuk produksi skala besar.

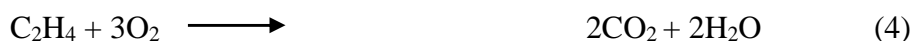
1. Oksidasi Langsung dengan Oksigen Murni

Dalam Proses ini terjadi reaksi utama yaitu pembentukan etilen oksida dan reaksi samping menghasilkan karbondioksida dan air.

Reaksi utama :



Reaksi samping



Reaksi dijalankan dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan kondisi tekanan 10-20 atm dan suhu 220-280°C menggunakan katalis perak. Konversi per-pass juga dijaga rendah sekitar 15% untuk mendapatkan selektivitas yang tinggi, yaitu 75% (Kirk and Othmer 1978). Selain terbentuk etilen oksida juga terbentuk produk samping berupa gas CO₂ dan H₂O dengan kandungan CO₂ yang tinggi, hal ini menyebabkan diperlukannya rangkaian CO₂ *adsorber* dan CO₂ *stripper* untuk mengurangi kadar CO₂ sebelum gas keluar dapat di-*recycle* ke dalam reaktor. Selain itu, untuk mencegah efek *eksplosivitas* etilen terhadap oksigen, maka diperlukan penambahan nitrogen dalam siklus reaktor (Kirk and Othmer, 1978).

2. Oksidasi Langsung dengan Udara

Pada dasarnya reaksi yang digunakan sama dengan menggunakan oksigen murni, yaitu pada suhu 220-280°C dan tekanan 10-30 atm dengan katalis perak. Konversi per-pass bisa lebih tinggi, yaitu sebesar 80% dengan selektivitas 75%.

Digunakannya udara dengan kadar nitrogen tinggi, maka tidak memerlukan gas khusus karena nitrogen dalam udara berfungsi untuk mencegah *eksplosivitas* dan juga pendingin selama reaksi.

1.4.1 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang dapat mempercepat suatu reaksi kimia dan diperoleh kembali dalam bentuk semula setelah reaksi berlangsung. Seperti yang telah disebutkan, katalis yang digunakan pada proses ini adalah katalis perak oksida. Perak oksida yang digunakan dimasukkan *support material* yang berpori antara 7-20 %. *Support material* yang digunakan ini adalah alumunium oksida *ultrapure* (lebih dari 99%) yang memiliki struktur pori yang jelas (diameter pori yang 0,5-50µm) dan luas permukaan spesifik yang rendah (<2 m²/g). *Support* dengan luas permukaan spesifik lebih besar sangat aktif, namun selektivitasnya rendah. Hal ini memungkinkan etilen oksida hanya dapat berdifusi keluar secara perlahan-lahan dari pori-pori, sehingga teroksidasi lebih lanjut. Semua *support* yang mengandung gugus hidroksil akan mengkatalisis isomerisasi etilen oksida menjadi asetaldehid. Katalis yang terdiri dari perak dan *support* seperti alumina, SiO₂, MgO, SiC, TiO₂, Y₂O₃ dan ZrO₂ memberikan selektivitas yang buruk atau hanya membentuk CO₂ dan H₂O. Oleh karena itu, *Support* bergugus hidroksil perlu diberikan *silane*



treatment untuk memperbaiki performa dalam pembentukan etilen oksida (Burdick dan Leffler, 2001; Rebsdats dan Mayer, 2005).

Penambahan 100-500 mg/kg promotor, seperti garam atau senyawa alkali tanah pada katalis akan meningkatkan selektivitas secara signifikan. Di antara garam-garam logam alkali, *cesium* adalah yang paling efektif. Promotor seringkali dikombinasikan. Seiring dengan perkembangannya, ditemukan kombinasi yang sangat efektif yang terdiri dari *sulfur*, *tungsten*, dan *molybdenum*. Kombinasi ini memberikan selektivitas hingga 90% pada temperatur yang lebih tinggi, tetapi kombinasi ini mempersingkat umur katalis (Rebsdats dan Mayer, 2005).

Katalis perak modern yang memiliki selektivitas awal 80% dan selektivitas maksimum 90%, cenderung mempersingkat umur katalis dan memproduksi panas yang relatif lebih sedikit. Semakin lama katalis digunakan, selektivitas dan aktivitasnya berkurang karena :

1. Abrasi, pembentukan debu dan tersumbat pori
2. Akumulasi pengotor pada reaksi fasa gas
3. Perubahan pada partikel perak seperti pembesaran, pembentukan agglomerat dan distribusi yang tidak merata.

Untuk meregenerasi katalis, digunakan larutan metanol garam *cesium*. Bila proses regenerasi tidak memungkinkan, katalis harus diganti saat selektivitas sudah rendah atau saat temperatur reaksi sudah mencapai temperatur desain maksimum. Umur katalis *modern* adalah 2-5 tahun, bergantung pada tipe katalis (selektivitas katalis yang tinggi akan memiliki umur yang lebih singkat), laju produksi etilen oksida, dan kemurnian reaksi pada fase gas dari racun katalis sulfur (Rebsdats dan Mayer, 2005).

Mekanisme Katalis

Pada permukaan katalis perak, terjadi dua reaksi secara simultan antara lain reaksi pembentukan etilen oksida (oksidasi parsial) dan reaksi pembakaran sempurna (oksidasi total) yang membentuk karbondioksida dan air. Kedua reaksi seperti pada persamaan 3 dan 4. Sejumlah kecil asetaldehida dan formadehida juga terbentuk dalam pembentukan etilen oksida (Rebsdats dan Mayer, 2005).



Reaksi ini berlangsung sangat eksotermis pada temperatur 250°C dan tekanan 1,5 Mpa. Kenaikan temperatur yang berlebihan dapat mengakibatkan *yield* etilen oksida yang semakin berkurang dan kerusakan katalis. Oksidasi etilen oksida yang lebih mendominasi dengan menggunakan *inhibitor* seperti klorida organik (1,2-dikloroetana, vinil klorida, etil klorida) atau dengan menjaga konversi 10-20%. Penambahan *inhibitor* klorin dapat menekan pembentukan karbondioksida dan air dengan memastikan permukaan perak tertutupi.

Selain oksidasi parsial dan oksidasi total, ada satu reaksi lagi yang dapat terjadi, yaitu reaksi *consecutive oxidation*. Reaksi ini dapat diabaikan jika temperatur tidak terlalu tinggi dan reaksi berlangsung di bawah pengendalian secara kimia .

Ada pendapat yang saling bertentangan mengenai mekanisme katalis yang tepat oleh katalis perak. Namun, satu hal telah disepakati bahwa perak dapat mengabsorpsi oksigen dalam sejumlah cara dan fenomena ini adalah dasar dari berbagai efisiensi yang berbeda dalam mengkatalisis oksidasi etilen menjadi etilen oksida.

Pada mekanisme ini hanya molekul oksigen yang bereaksi dengan etilen membentuk etilen oksida, sementara atom oksigen hanya bereaksi membentuk karbondioksida dan air. Klorin (dari *inhibitor*) akan menghalangi adsorpsi atom oksigen pada permukaan perak, sehingga permukaan perak yang telah terinhibisi hanya mengadsorpsi molekul oksigen pada kasus yang ideal dengan etilen membentuk etilen oksida, kemudian meninggalkan satu atom oksigen setelah desorpsi (pada persamaan 3). Atom oksigen ini menyebabkan pembakaran etilen menjadi karbondioksida dan air (pada persamaan 4).

Karena 6 atom oksigen diperlukan untuk menyelesaikan oksidasi 1 molekul etilen oksida, maka harus dibentuk sebelum 1 molekul etilen dapat sepenuhnya teroksidasi. Jika penghambatan adsorpsi atom oksigen optimal, selektivitas maksimumnya adalah $\frac{6}{7} \times 100 \% = 85,7 \%$. Mekanisme ini menjelaskan bagaimana *inhibitor* bekerja. Untuk waktu yang lama, mekanisme molekul oksigen ini sangat didukung oleh fakta bahwa usaha untuk meningkatkan kinerja katalis dengan adanya variasi dari mekanisme ini didasarkan pada asumsi bahwa molekul oksigen dapat menyebabkan pembentukan etilen oksida dan oksidasi total melalui *intermediate*.



1.5 Kegunaan Produk

Etilen Oksida umumnya digunakan sebagai bahan pensteril yang baik. Etilen Oksida dalam kehidupan sehari-hari digunakan untuk mensterilkan bahan-bahan seperti pakaian dan peralatan rumah tangga. Di dunia kedokteran etilen oksida digunakan sebagai disinfektan peralatan bedah, bahan-bahan plastik, dan alat-alat lain yang tidak tahan panas agar dapat disterilkan.

Turunan dari etilen oksida yang sangat penting, yaitu etilen glikol, sedangkan turunan lain dari etilen oksida adalah etoksilat, etanolamin, etilen karbonat, etilen glikol dan eter etoksilat.

Etilen oksida selain untuk penggunaan langsung, juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan :

- Monoetilen Glikol, dihasilkan dari reaksi etilen oksida dengan air, merupakan agen antibeku yang digunakan pada mesin-mesin, juga digunakan untuk bahan baku *polietilen terephthalate* (PET),
- Dietilen Glikol, merupakan agen pelunak yang digunakan pada gabus, lem dan kertas.
- Trietilen Glikol, merupakan agen yang digunakan dalam ekstraksi hidrokarbon aromatik.
- Polietilen Glikol, digunakan sebagai bahan baku pembuatan kosmetik, farmasi, pelumas, solven dan penunjang pembuatan keramik.
- Etilen Glikol, dihasilkan dari reaksi etilen oksida yang digunakan sebagai minyak rem, detergen, pelarut cat.

Hasil produksi dari pabrik ini ditujukan untuk industri etilen glikol, sehingga etilen oksida yang diproduksi akan menjadi bahan baku pembuatan etilen glikol.

1.5.1 Sifat sifat fisis dan kimia

a. Sifat sifat fisis etilen oksida

- Titik beku	= -112,5°C
- Titik didih	= 10,8°C
- Suhu kritis	= 195,8°C
- Tekanan kritis	= 7,2 MPa
- Densitas kritis	= 314 kg/m ³



Prarancangan Pabrik Etilen Oksida Dari Etilen Dan Oksigen
Kapasitas 150.000 Ton Per Tahun

- Densitas cairan pada 20°C = 876 kg/m³
- Densitas gas pada 20°C = 2,9 g/L
- Tegangan permukaan pada 20°C = 24,5 mN/m
- Kemurnian = 98%
- b. Sifat sifat termodinamis
 - Kapasitas panas, cair 20°C = 2 kJ kg⁻¹K⁻¹
 - Kapasitas panas, gas 20°C = 1,1 kJ kg⁻¹K⁻¹
 - Panas penguapan, 25°C; 101,3 KPa = 5,495 kJ kg⁻¹
 - Panas pembakaran, 25°C; 101,3 KPa = 29,648 kJ kg⁻¹
 - Panas pembentukan, gas = 117,86 kJ kg⁻¹

Sifat sifat kimia

Etilen oksida merupakan senyawa yang mudah bereaksi (reaktif), reaksinya dimulai dengan terbukanya struktur cincinnya dan umumnya bersifat eksotermis.

